

CALIBRAÇÃO DA SONDA DE CAPACITÂNCIA PARA MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO

RICHARD A. RODRIGUEZ PADRON¹, MARCOS O. BELTRAMELLI GULA²

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutorado em Engenharia Agrícola, Universidad Tecnológica del Uruguay, ITR Centro-Sur, Fone: 43620698, richard.rodriguez.p@utec.edu.uy / rarpadron@gmail.com

² Licenciado en Ciencias Agrarias, Departamento del Agua, Universidad de la República, CENUR-Litoral Norte, Uruguay.

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
03 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: Para obter uso eficiente da água aplicada em irrigação, é necessário entender a dinâmica da água no solo, que é fator importante na agricultura. O objetivo deste trabalho foi determinar modelos para a calibração da sonda de capacitância, para o monitoramento de conteúdo da umidade do solo Typic Hapluderts em condição de laboratório. O solo que predomina na área de estudo é da unidade de solo Typic Hapluderts. As amostras do solo foram coletadas com amostragens indeformadas, em camadas de 20 cm, desde a superfície até 40 cm, utilizando canos de PVC de diâmetro de 315 mm e altura de 600 mm. A determinação da variação de umidade do solo foi realizada pela diferença de peso (método lisimetria de pesagem). As medições com o FDR foram feitas com frequência diária e 6 repetições por medição. O análises estadístico, entre os modelos de calibração analisados (lineares, potencial e quadrática), realizou-se o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. A metodologia empregada proporcionou a obtenção de resultados satisfatórios, realizando-se multiplas repetições na mesma amostra. O modelo que mostrou maior precisão e melhor ajuste, para os dois perfis em estudo, foi o modelo quadrático

PALAVRAS-CHAVE: conteúdo de água no solo, sonda de capacitância, uso eficiente da água

CALIBRATION OF THE CAPACITANCE PROBE FOR SOIL MOISTURE MONITORING

ABSTRACT: To obtain efficient use of water applied in irrigation, it is necessary to understand the dynamics of water in the soil, which is an important factor in agriculture. The aim of this work is to determine models for the calibration of the capacitance probe, for monitoring moisture content Typic Hapluderts soil in laboratory condition. The predominant soil in the study area is from the Typic Hapluderts soil unit. The soil samples were collected with undisturbed samples, in layers of 20 cm, 40 cm depth from the surface, using PVC pipes with a diameter of 315 mm and 600 mm height. The determination of the variation in soil moisture was carried out by weight difference (weighing lysimetry method). The measurements with the FDR were made on a daily frequency and 6 repetitions per measurement. The statistical analysis, among the analyzed calibration models (linear, potential and quadratic), was performed the Shapiro-Wilk normality test. The methodology used provided satisfactory results, with multiple repetitions being performed on the same sample. The model that showed greater precision and better fit for the two profiles under study was the quadratic model.

KEYWORDS: soil water content, capacitance probe

INTRODUÇÃO: Para obter uso eficiente da água aplicada em irrigação (relação entre o consumo de água/rendimento), é necessário entender a dinâmica da água no solo, que é fator importante na agricultura. OLIVEIRA et al. 2020 destacam o manejo de irrigação baseado no monitoramento do teor de água no solo. Essa técnica ajuda o irrigante nas tomadas de decisão de quando e quanto de água aplicar no solo, para obtenção de altas produtividades. Também, quando o manejo da irrigação é realizado de forma adequada, cerca de 20% de água e 30% de energia podem ser economizados (LIMA et al., 1999). Assim, a predisposição das plantas a doenças diminui (MAROUELLI et al., 2008) decorrente do excesso de água aplicada, diminuindo perdas de fertilizantes por lixiviação (MENDES et al., 2016) e os custos com defensivos agrícolas. Segundo Klein (2008), encontram-se vários métodos e técnicas para a determinação do teor de água no solo, cada uma com suas particularidades. Algumas demoradas, outras caras e ainda bastante imprecisas em função da condição do solo. As principais diferenças entre um método e outro resumem-se a custo, à forma de medição, ao tempo de resposta e à operacionalidade no campo. A utilização dos métodos indiretos existentes para a determinação do conteúdo volumétrico de água no solo vem aumentando, em função de possuir a vantagem de ser um método não destrutivo (ABREU et al., 2018); adicionalmente, ressalta-se que a utilização de sensores é um dos meios mais precisos para acompanhar o conteúdo de água no solo, cuja tecnologia e aplicação vem trazendo várias contribuições ao meio agrícola (ABREU et al., 2018). Os sensores do tipo capacitivos têm um princípio de funcionamento com base na capacitância elétrica. Segundo MURILLO (2001), sua aplicação tem se difundido bastante em pesquisas relacionadas à irrigação, por tratar-se de um método não invasivo. O objetivo deste trabalho foi determinar modelos para a calibração da sonda de capacitância, para o monitoramento de conteúdo da umidade do solo Typic Hapluderts em condição de laboratório.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado no laboratório do Departamento de Água da Universidade da República (Uruguai), CENUR-Litoral Norte. As amostras de solo foram coletadas na área da estação experimental de San Antonio da Faculdade de Agronomia (FAGRO-UdelaR), localizada na rota 31, km 21, departamento de San Antonio, Salto-Uruguai, nas coordenadas geográficas de latitude 31°22'31,5"S, longitude 57°43'3,6"W e altitude de 82 m.s.n.m. O clima predominante na região é classificado como subtropical úmido (Cfa), de acordo com o sistema de classificação Köppen (1928), os valores médios anuais de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar são 1322 mm, 18,1°C e 72%, respectivamente. Os parâmetros físicos e hídricos do solo são mostrados na Tabela 1. O solo que predomina na área de estudo é o brunossol eufórico típico, de acordo com a classificação proposta pela Diretoria de Solos e Fertilizantes do Ministério de Gandearia, Agricultura e Pesca em 1976 para os solos do Uruguai e de acordo com a taxonomia do solo (USDA, 1999) da unidade de solo Typic Hapluderts. As amostras do solo foram coletadas com amostragens indeformadas (sem perturbações), em camadas de 20 cm, desde a superfície até 40 cm (2 amostras), utilizando canos de PVC de diâmetro de 315 mm e altura de 600 mm (Anexo 1). Os canos foram introduzidos no solo com pressão hidráulica. Antes de introduzir os canos, o solo foi umedecido até a capacidade de campo para facilitar a penetração dos canos. Posteriormente foi feita uma trincheira para retirar os canos e levá-los ao laboratório. No laboratório os canos foram submergidos em água para saturar o solo (capacidade de campo). Instalou-se tubos de acesso para o FDR com diâmetro de 52 mm e comprimento de 500 mm ao centro de cada cano de PVC. No fundo de cada cano de PCV colocou-se malha para facilitar a drenagem da água e evitar a saída da terra. A determinação da variação de umidade do solo foi realizada pela diferença de peso (método lisimetria de pesagem). Colocou-se cada cano de PVC em uma balança eletrônica com capacidade máxima de 60 kg, mínimo de 250 g e precisão de 10 g. Antes e depois de cada medição com o FDR, cada cano

de PCV foi pesado, para calcular a perda de água em cada amostra. As medições foram feitas com frequência diária e 6 repetições por medição. Todo o procedimento foi repetido 6 vezes para obter maior precisão na calibração do FDR. Para determinar se há diferenças estatísticas significativas entre os modelos de calibração analisados (lineares, potencial e quadrática), realizou-se o teste de normalidade de Shapiro-Wilk.

Tabela 1. Propriedades físicas e hídricas do solo em estudo.

Profundidade (m)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	MO	CC	PMP	Da	Horizonte
0-20	27	25	48	5,2	37,1	22,4	1,2	Au1
20-40	5	36	59	1,6	32,7	19,2	1,4	Au2
40-60	7	31	62	1,3	32,0	18,7	1,4	Au3
60-80	7	30	63	0,4	33,9	20,1	1,4	ck

Classificação do solo segundo a Diretoria de Solos e Fertilizantes do Ministério de Ganaderia, Agricultura e Pesca em 1976, Uruguai.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O solo é "receptor, coletor e entrega" de água para as culturas. Portanto, conhecer as mudanças de umidade no perfil do solo é um fator fundamental não apenas na determinação do consumo e da disponibilidade de água para as culturas, mas também para a pesquisa, para a gestão eficiente da produção agrícola e o uso eficiente da água. Os modelos obtidos da calibração do FDR para as diferentes profundidades do solo se apresentam na Tabela 2 e figura 1. O coeficiente de regressão mostrou ótimo ajuste para todos os modelos (>0.9). Para ambos os perfis do solo, o modelo quadrático apresentou melhores ajustes, minimizou o erro quadrático médio e proporcionou maior ajuste do coeficiente de regressão e maior teste de normalidade. A metodologia empregada proporcionou a obtenção de resultados satisfatórios, realizando-se múltiplas repetições na mesma amostra. OLIVEIRA et al., 2020 obteve resultados semelhantes em diferentes camadas de solo: nos perfis individuais observou-se melhora na maioria dos coeficientes de correlação e minimização do erro quadrático médio, obtendo os coeficientes de determinação para as profundidades de 0,10-0,60m elevados ($R^2 > 0,93$). No entanto, a equação que melhor se ajustou foi a potencial. MORLA et al. 2016, os níveis de ajustes obtidos a partir do coeficiente de regressão na faixa de 0,69 a 0,88 e os coeficientes médios de 0,80, em todos as equações de ajuste, foram estatisticamente significantes ($p < 0,05$), possibilitando concluir que a utilização de equações de calibração possibilita a melhora do nível de ajuste dos dados medidos com a sonda e dos obtidos pelo método gravimétrico. Assim, foi possível diminuir em mais da metade o nível do erro médio em relação ao apresentado pelos fabricantes (padrão), o que permitiu obter maior precisão das leituras com a sonda. As calibrações realizadas em diferentes tipos de solos em todo o mundo relatam níveis de ajustes do coeficiente de regressão variando de 0,58 a 0,99.

Tabela 2. Equação de calibração do FDR e análise estatística.

Modelo	Parâmetro			R ²	MSE	RMSE	Teste de Normalidade
	a	b	c				
0 -10 cm							
F=a*x+b	0,0617	-1,5870		0,98	0,0177	0,13	0,84
F=a*x^b	1,145e-5	3,0584		0,98	0,0153	0,12	0,89
F=a*x ² - b*x + c	0,057	-0,3766	6,840	0,99	0,0128	0,11	0,94
10 -20 cm							
F=a*x+b	0,0186	0,1720		0,93	0,0101	0,10	0,88
F=a*x^b	0,0562	0,7699		0,93	0,0102	0,10	0,87
F=a*x ² - b*x + c	0,0036	0,2620	5,612	0,97	0,0062	0,08	0,91

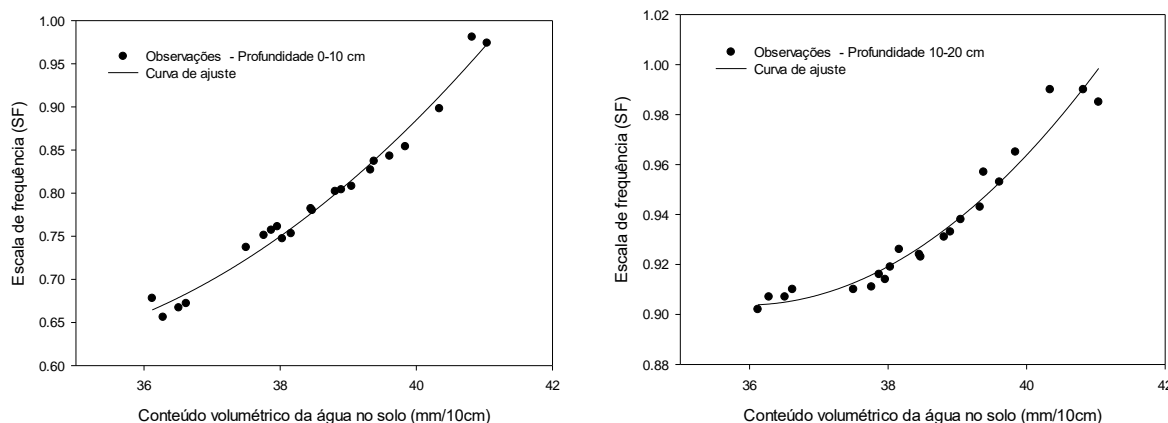


Figura 1. Curva de calibração de FDR, para as profundidades de 0-10 e 10-20 no modelo quadrático.

CONCLUSÕES: É importante a calibração dos instrumentos de estimação de umidade do solo para obter dados confiáveis e o uso adequado do equipamento. O modelo que mostrou maior precisão e melhor ajuste, para os dois perfis em estudo, foi o modelo quadrático. A metodologia empregada estimou com precisão a umidade do solo, por meio de múltiplas repetições utilizando amostras indeformadas.

REFERÊNCIAS

ABREU, G. T. D.; LEAL A. F.; CORRÊA, F. R.; LIRA, P. R.; DURAN, C. B.; SOARES, F. C. **Calibração de sensores capacitivos e tensiômetros em diferentes tipos de substratos e viabilidade do uso em manejo de irrigação de plantas ornamentais.** Anais do 10º salão internacional de ensino, pesquisa e extensão – SIEPE Universidade Federal do Pampa/Santana do Livramento, 6 a 8 de novembro de 2018.

KLEIN, V. A. **Física do Solo** - Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008, 212 p.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema método prático de manejo.** 2 ed. Brasília: Embrapa Informação e Tecnológica, 2008, 150 p.

MENDES, W. C.; ALVES JUNIOR, J.; DA CUNHA, P. C. R.; SILVA, A. R.; EVANGELISTA, A. W. P.; CASAROLI, D. Nitrate and potassium leaching and the response of the common bean to different irrigation blades. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.34, p.3188-3196, 2016.

MORLA F. D., DEGIOANNI A. J., ORTOLANI J. I. Calibración y validación de una sonda de capacitancia (FDR) en haplustoles típicos del Departamento de río Cuarto. XXV Congreso Argentino de la Ciencia de Suelo. Río Cuarto, del 27 de junio - 01 de julio de 2016, 9 p.

OLIVEIRA, L. A.; JÚNIOR, J. A.; CASAROLI, D.; BORGES, E. F.; EVANGELISTA, A. W. P. Calibração da sonda de capacitância FDR em latossolo vermelho distrófico argiloso do cerrado. **Global science and technology**, v.12, n.3, p.145-155, 2020.

USDA. **National Agricultural Statistics Service.** Washington DC. (1999). 41 p.